

Matthias LEHNER, München, Kristina REISS, München

## **Eyetracking und Stochastik. Entscheidungsstrategien an Vierfeldertafeln analysiert mit Hilfe von Blickbewegungen**

### **1. Theoretischer Hintergrund**

Bei der Behandlung von Vierfeldertafeln im Mathematikunterricht, ist ein häufig verwendetes Beispiel die Frage, welche von zwei Düngersorten die bessere ist. Ausgangspunkt können beispielsweise die folgenden konkreten Häufigkeiten sein:

	hochwachsend	Klein
roter Dünger	3	8
gelber Dünger	4	13

Eine intuitive Entscheidungsstrategie, die allerdings als korrekt angesehen wird, ist ein Vergleich bedingter Wahrscheinlichkeiten (McKenzie 1994). Hier wird der Anteil hochwachsender Pflanzen bei beiden Düngersorten verglichen (Shaklee & Hall, 1983). Manchmal wird diese Vorgehensweise auch als multiplikative Vier-Feld-Strategie bezeichnet. Shaklee und Hall (1983) beobachten diese Strategie nur bei knapp 32 % der untersuchten Studierenden. Häufig werden einfachere Strategien benutzt: Einige Personen argumentieren ohne die gegebenen Informationen zu berücksichtigen. Bei Verwendung der so genannten Zelle a-Strategie basiert die Entscheidung auf der Zahl im Feld oben links. Wird diese als kleinste (oder größte) erkannt, basiert darauf die getroffene Entscheidung (Shaklee & Hall, 1983). Zwei-Feld-Strategien basieren auf einem Vergleich der beiden Zahlen in der oberen Zeile (a versus b) beziehungsweise der linken Spalte (a versus c) (Klayman & Ha, 1987). Drei-Feld-Argumente entstehen durch Kombination der beiden Zwei-Feld-Strategien. Additive Vier-Feld-Argumente benutzen zwar alle Informationen, die in der Vierfeldertafel gegeben sind; jedoch werden anstatt bedingter Wahrscheinlichkeiten die Differenzen der Häufigkeiten verglichen (Shaklee & Hall, 1983; McKenzie, 1994).

Verschiedene Autoren untersuchten bereits früh Vierfeldertafeln. So führten Inhelder und Piaget (1958) ein Experiment durch, bei dem Versuchspersonen anhand ausgehändigter Karten über die Korrelation von Augen- und Haarfarbe zu entscheiden hatten (blaue Augen bzw. keine blauen Augen; blonde Haare bzw. keine blonden Haare). Personen, die sowohl blaue Augen als auch blonde Haare hatten, wurden von Inhelder und Piaget Zelle a (oben links) einer Vierfeldertafel zugeordnet, von den Versuchspersonen

wurde diese Information bevorzugt berücksichtigt. Informationen, die sich in Feld d (unten rechts) fanden, wurden am wenigsten berücksichtigt (beide Merkmale abwesend). Auch eine Studie von Wasserman, Dornier und Kao (1990) betrachtete die subjektive Bedeutung der vier Zellen. Feld a wurde als wichtigstes genannt, Feld d war die Zelle mit geringster Relevanz.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, den Versuchspersonen eine Entscheidungsstrategie zuzuordnen. In den Experimenten von Inhelder und Piaget (1958) sowie Shaklee und Hall (1983) wurde die Vorgehensweise im Anschluss an die Problemlösephase von den Versuchspersonen erfragt. Dies setzt voraus, dass keine sprachlichen Barrieren vorliegen. Shaklee und Hall (1983) stellen fest, dass die Ergebnisse subjektiv verzerrt sind und bei manchen Versuchspersonen Selbstüberschätzung vorliegt. Ein anderer Ansatz wird in den rule diagnostic problems bei Shaklee und Hall (1983) vorgestellt: Den Versuchspersonen werden nacheinander zwölf Vierfeldertafeln vorgelegt, die in vier Kategorien gegliedert sind. Aus den Antworten der Testteilnehmer kann auf deren Entscheidungsstrategie geschlossen werden: Bei Verwendung bedingter Wahrscheinlichkeiten können alle Items korrekt beantwortet werden. Personen, die eine additive Vier-Feld-Strategie verwenden, lösen nur die Aufgaben dreier Kategorien richtig. Bei Benutzung einer Zwei-Feld-Strategie können nur die Aufgaben zweier Kategorien gelöst werden, bei Verwendung der Zelle a-Strategie nur die Probleme der ersten Kategorie (Shaklee & Hall 1983). Diese Vorgehensweise ist objektiv, jedoch können keine unbekannten Strategien erfasst werden. Des Weiteren wird vorausgesetzt, dass die Versuchsperson ihre Strategie während der Bearbeitung der Items nicht variiert.

Mit diesem Hintergrund verfolgt unsere Studie das Ziel zu zeigen, dass sich die subjektive Bedeutung auch in den Betrachtungszeiten der Zellen zeigt. Wir nutzen dazu Blickbewegungen. Zusätzlich erfolgt eine Klassifizierung der Entscheidungsstrategien nach der Zahl der Zellen, die für die Entscheidungsfindung herangezogen werden. Wir betrachten einen möglichen Zusammenhang zwischen den Betrachtungszeiten einzelner Felder und den verwendeten Entscheidungsstrategien.

## **2. Methode**

In der vorliegenden Studie ist die Betrachtungszeit einzelner Felder der Vierfeldertafel eine zentrale Größe. Die Blickbewegungen werden bei dem verwendeten Gerät mit Hilfe von Infrarot-Reflexionen rekonstruiert. Das zugrundeliegende Paradigma ist, dass stets diejenigen Punkte im Aufmerksamkeitsfokus der Versuchspersonen liegen, die zum jeweiligen Zeitpunkt fixiert werden (vgl. Holmquist et al. 2011). Aus den Fixationszeiten der

vier Felder einer Vierfeldertafel kann also darauf geschlossen werden, wie lange den Feldern die Aufmerksamkeit zuteil wurde.

In der durchgeführten Studie wurden 26 Studierende unterschiedlicher Fachrichtungen untersucht. In Einzelinterviews am Eyetracker hatten diese zwölf Probleme mit Hilfe von Vierfeldertafeln zu bearbeiten. Dabei wurden die Blickbewegungen aufgezeichnet. Wir verwendeten die Items aus den rule diagnostic problems, um den Versuchspersonen eine Strategie zuzuordnen. Zusätzlich wurden im Anschluss an die Bearbeitung der Items die Versuchspersonen nach der verwendeten Strategie befragt.

Für die Auswertung ist die Fixationszeit der einzelnen Felder von Relevanz. Da die gesamte Bearbeitungszeit eines Items bei unterschiedlichen Personen schwankt, werden relative Größen verwendet. Um für jede Testperson vier Kennwerte zu erhalten, mitteln wir die Betrachtungszeiten der vier Felder über alle Items. Diese Vorgehensweise liefert für jede Testperson die mittleren Betrachtungszeiten der vier Felder der Tafel. Für weitere Analysen sind abweichende Auswertungsmethoden denkbar.

### **3. Ergebnisse**

Wie in Abschnitt 1 beschrieben, sollen in diesem Beitrag zwei Fragen untersucht werden: Bei der ersten Frage gehen wir aus von der beschriebenen Einschätzung der Wichtigkeit der Zellen einer Vierfeldertafel, wonach Zelle a am wichtigsten eingeschätzt wird, und Zelle d am wenigsten wichtig. Wir nehmen an, dass diese Einschätzung ein Faktor ist, der die Aufmerksamkeitsverteilung auf die Felder beeinflusst. Wir wollen untersuchen, wie sich dies – basierend auf dem Paradigma – in den Blickbewegungen zeigt. Bezugnehmend auf diese Frage ist keinerlei Spezifizierung der Strategien erforderlich. Die Betrachtungszeit der vier Felder wurde über alle Versuchspersonen gemittelt, dies ergab für das Feld a (oben links) einen mittleren Anteil von 0.538 an der gesamten Betrachtungszeit. Zelle d (unten rechts) hatte mit 0.073 einen deutlich geringeren Anteil an der Betrachtungszeit. Zelle b (0.124) und Zelle c (0.265) lagen dazwischen. Diese Zahlen unterscheiden sich hochsignifikant ( $p < 0.001$ ). Die Testteilnehmer betrachteten also die Zellen unterschiedlich lang; Zelle a wurde am längsten betrachtet, Zelle d am wenigsten lang. Dies bestätigt die Erwartungen, die aus den Ergebnissen von Inhelder und Piaget (1958) sowie Wasserman, Dorner und Kao (1990) resultieren.

In der zweiten Forschungsfrage sollen Zusammenhänge zwischen den Strategien und den Betrachtungszeiten einzelner Felder gefunden werden. Multiplikative und additive Vier-Feld-Strategien sind die einzigen Strategien, bei denen Feld d für die Entscheidungsfindung herangezogen wird. Daher

vermuten wir, dass die Personen, die mit einer dieser Strategien argumentieren, Zelle d länger betrachten als die übrigen Personen. Die Betrachtungszeit bei Nutzern einer Vier-Feld-Strategie war tatsächlich 0.102, bei einer anderen Strategie nur 0.035. Diese Zahlen unterscheiden sich hochsignifikant und bestätigen die Vermutung, zumal die Effektstärke  $d = 1.64$  auf einen großen Effekt hinweist. Weiter wird bei Verwendung der Zweifeld-Strategie a versus c für die Entscheidungsfindung ausschließlich die linke Spalte herangezogen. Daher ist es naheliegend, dass Personen, die mit dieser Strategie argumentieren, länger auf die linke Spalte blicken als die übrigen. Die mittlere Betrachtungszeit der linken Spalte unter den Personen, die mit der Strategie a versus c argumentierten, war 0.926, unter den übrigen nur 0.755. Der hochsignifikante Unterschied bestätigt wiederum die Hypothese. Auch hier ist der Effekt mit  $d = 1.62$  groß. Die Klassifikation der Strategien erfolgte mit Hilfe der rule diagnostic problems. Die Auswertung der Selbsteinschätzung lieferte nur geringfügig andere Ergebnisse.

Dieser Beitrag zeigt, dass Zusammenhänge zwischen den Entscheidungsstrategien an Vierfeldertafeln – bestimmt mit Selbsteinschätzung sowie den rule diagnostic problems – und den Blickbewegungen bestehen. In einem nächsten Schritt ist zu untersuchen, wie aus den Blickbewegungen Rückschlüsse auf Entscheidungsstrategien gezogen werden können.

## Literatur

- Holmquist, K., Nyström, M., Andersson, R., Dewhurst, R., Jarodzka, H., & van de Weijer, J. (2011). *Eye Tracking. A comprehensive guide to methods and measures*. . Oxford: Oxford University Press.
- Inhelder, B., & Piaget, J. (1958). *The Growth of Logical Thinking from Childhood to Adolescence*. New York: Basic Books.
- Klayman, J., & Ha, Y.-W. (1987). Confirmation, Disconfirmation, and Information in Hypothesis Testing. *Psychological Review*, 94, 211-228.
- McKenzie, C. (1994). The Accuracy of Intuitive Judgement Strategies: Covariation Assesment and Bayesian Inference. *Cognitive Psychology*, 26, 209-239.
- Shaklee, H., & Hall, L. (1983). Methods of Assesing Strategies for Judging Covariation between Events *Journal of Educational Psychology*, 75, 583-594.
- Wasserman, E., Dorner, W., & Kao, S. (1990). Contributions of Specific Cell Information to Judgements of Interevent Contingency. *Journal of Experimental Psychology*, 16(3), 509-521.